

УДК 004: 942

Є.І. Кучеренко<sup>1</sup>, І.С. Глушенкова<sup>2</sup>, С.О. Глушенков<sup>2</sup><sup>1</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків<sup>2</sup> Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ФАЗЗИ – МОДЕЛІ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

*Удосконалено нечітку мережеву модель, що на відміну від існуючих, додатково включає визначені у часі та просторі предикати, що відносяться до просторових рішень, отриманих засобами ГІС-технологій. Визначено, що ефективне впровадження розробок, заснованих на положеннях нечіткої логіки, є трудомістким та наукомістким процесом, автоматизація якого засобами ГІС дозволить звільнити значні обчислювальні та матеріальні ресурси.*

**Ключові слова:** геоінформаційні технології, просторові об'єкти, нечітка логіка.

### Вступ

Геоінформаційні технології використовуються в усіх галузях народного господарства завдяки управлінню просторовими компонентами та широкими можливостями з обробки та аналізу просторових даних. Внаслідок того, що далеко не всі дані завжди чітко визначені, все більший розвиток набувають інтелектуальні технології, які ґрунтуються на нечіткій логіці та м'яких обчисленнях.

В останніх версіях програмного середовища ArcGis [1] з'явилися інструменти на основі нечіткої логіки та існує значна кількість наукових публікацій, присвячених цій темі. Тому існує необхідність розробки методів і фаззи - моделей щодо застосування апарату нечіткої логіки у задачах геоінформаційного аналізу [1, 2].

Метою роботи є розробка фаззи – моделей, методів та знання орієнтованих інформаційних технологій на основі м'яких обчислень, що дозволить підвищити ефективність задач геоінформаційного аналізу в умовах просторової невизначеності, що є важливим та актуальним.

### 1. Постановка задач досліджень

Очевидно, що існуючі методи [3] об'єктно-орієнтовані та їх ефективність багато в чому залежить від предметної області. Тому оцінювання станів просторово розподілених об'єктів є важливою та актуальною проблемою.

Розглянемо формальні аспекти. Вихідними даними для розв'язання задач прийняття рішень в умовах невизначеності є:

– нечіткий простір станів, заданий на множині відношень «умова – дія», що визначає вихідний стан складного об'єкта:

$$\{\tilde{Q}_i\}, \quad i \in I, \quad (1)$$

де  $\{\tilde{Q}_i\}$  – множина процесів вихідних станів об'єктів;

$I$  – множина індексів процесів вихідних станів об'єктів;

– досліджувані взаємодіючі процеси носять асинхронний характер та функціонують в розподіленому нечіткому просторі станів (1):

$$\{\tilde{P}_k\}, \quad k \in K, \quad (2)$$

де  $\{\tilde{P}_k\}$  – множина нечітких процесів;  $K$  – множина індексів процесів;

– об'єкт функціонує в умовах нечіткості даних та знань, що визначає простір вихідних станів складних об'єктів (1);

– визначена множина функцій належності процесів (2):

$$\{\mu_i(k)\}, \quad i \in I, \quad (3)$$

де  $\mu_i$  – множина функцій належності;  $k$  – деяка змінна, що визначає значення функцій належності.

Компоненти із (3):

$$\mu_i(k) \in \{\mu_i(k)\}, \quad (4)$$

визначені на деякому нечіткому інтервалі  $[0,1]$  і дозволяють отримати нові (часто неточні або наближені) дані, які потребують подальших досліджень.

Нехай існує множина взаємодіючих динамічних просторово розподілених об'єктів [4]

$$\{A_\alpha\} \supseteq \{A(O)_\alpha\}, \quad \alpha \in A, \quad (5)$$

де  $A(O)_\alpha$  – множина актуальних об'єктів;  $A$  – множина індексів об'єктів.

Просторове положення об'єкта (5) представлено на множині декартового добутку у вигляді відношень

$$R(X, Y, Z), X \times Y \times Z \neq \emptyset, \quad (6)$$

де  $R(X, Y, Z)$  – множина відношень на декартових добутках, у яких визначено значення координат об'єктів, причому

$$\forall a_j, a_j \in A(O), j \in J,$$

визначено на множині простору станів  $\{G_\beta\}, \beta \in B$

розподілених об'єктів, які функціонують у часі  $\tau$ .

Необхідно визначити простір станів об'єкта (5) з координатами  $R(X, Y, Z)$  на множині простору станів  $\{G_B\}$  з урахуванням множини факторів  $\{\Phi_k\}$  та орієнтовану на знання модель  $\tilde{S}_\Sigma$  для об'єктів (5), що визначає їх ефективне функціонування.

Слід підкреслити, що ефективне впровадження розробок, заснованих на положеннях нечіткої логіки, є трудомістким та наукомістким процесами, автоматизація яких в ГІС дозволить звільнити значні обчислювальні та матеріальні ресурси.

## 2. Моделі об'єктів та процесів

**Моделі об'єкта.** Розглянемо особливості подання об'єктів на моделі. Нехай існує множина об'єктів. Елементи множини (5) характеризуються деякими координатами  $X, Y, Z$ , і деякими, пов'язаними з координатами об'єкта, процесами й ознаками.

Такі об'єкти виконують свої функції на множині взаємодіючих динамічних процесів, що носять детермінований ( $D$ ), ймовірнісний або стохастичний ( $P$ ), нечіткий ( $\tilde{F}$ ) характер [5].

Процеси управління і прийняття рішень  $D, P$  достатньо досліджено у науковій літературі [6]. Проте, проблема зниження рівня невизначеності лишається актуальною і потребує додаткових досліджень.

**Моделі процесів.** Дослідження показали [5], що класифікацію математичних моделей взаємодіючих процесів може бути подано у такому вигляді (рис. 1).

Детерміновані  $D$ -моделі при розв'язанні поставлених задач за звичай включають предикатні мережі Петрі [7] і МП з розширеннями [8]. Проте, детерміновані моделі носять обмежений характер у зв'язку з їх функціональною і структурною недосконалістю.

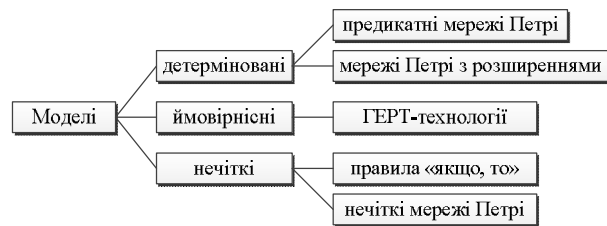


Рис. 1. Класифікація моделей

Ймовірнісні  $P$ -моделі охоплюють, за звичай, більш ширший клас об'єктів і процесів. Для ймовірнісних  $P$ -моделей характерними найбільш вивченими є технології Graphical Evaluation and Review Technique (ГЕРТ-технології). Проте вимоги обліку функцій розподілу на часових інтервалах у таких моделях не завжди дозволяють адекватно відображати об'єкти і процеси [9].

Нечіткі  $F$ -моделі відображають широкий клас відносно слабо вивчених об'єктів і процесів. Характерними для таких моделей є правила типу «якщо, то» і нечіткі МП [10, 11], подані на множині відношень «умова – дія».

Змістовний аналіз постановки задачі дозволяє нам представити узагальнену структуру розв'язку прикладних задач (рис. 2).

Розглянемо формальну модель прийняття рішень [10, 11] про стан складних об'єктів, що характеризуються просторовим і функціональним розподілом, асинхронною взаємодією процесів, поданих на множині відношень «умова – дія».

Існує множина методик оцінювання станів таких об'єктів. До них, у першу чергу, слід віднести детерміновані, ймовірні, експертні, ієрархій, а також, засновані на методах багатокритеріальної оптимізації, нечітких множин, нечітких МП, нечіткої логіки.

Проте, вимоги щодо підвищення вірогідності прийняття рішень в умовах жорстких обмежень на обчислювальні ресурси викликають необхідність створення і дослідження таких моделей.

Стратегію розв'язку таких задач може бути подано на моделі [12, 13]:

$$S^{(R)} = S_P \cup S_N, \quad (7)$$

де  $S^{(R)}$  – множина усіх рішень;  $S_P$  – множина рішень в умовах повної визначеності;  $S_N$  – множина рішень в умовах невизначеності; символ  $\cup$  в (7) несе додаткову функціональність, що не дозволяє, зазвичай, об'єднувати множини  $S_P, S_N$ .

Існує множина визначених рішень

$$S_P = \{S_i\}, i \in I \quad (8)$$

і множина рішень, що характеризуються невизначеністю

$$S_N = \{S_j\}, j \in J. \quad (9)$$

Тоді результат моделювання можна представити у вигляді сукупності

$$\{S_i\} \cup \{S_b\}, \quad (10)$$

де  $S_b$  – рішення кількісних оцінок.

Модель (7) представимо у вигляді

$$\tilde{S}_N = \langle \tilde{S}^{(k)}, \{if / then\} \rangle, \quad (11)$$

де  $\tilde{S}^{(k)}$  – розширена нечітка мережева модель на основі модифікації предикатних МП;  $\{if / then\}$  – модель нечітких знань Заде-Мамдані.

Нечітку мережеву модель на основі предикатних МП визначено як:

$$\tilde{S}^{(k)} = \langle \tilde{P}, \tilde{T}, \tilde{F}, \tilde{M}_0, \tilde{P}_n(\tau), \tilde{P}_k^{(GIS)}(\tau, O) \rangle, \quad (12)$$

де  $\tilde{P}$  – кінцева множина нечітких позицій;  $\tilde{T}$  – кінцева множина нечітких переходів;  $\tilde{F}$  – нечітка функція інцидентностей –  $\tilde{F}: (\tilde{P} \times \tilde{T}) \cup (\tilde{T} \times \tilde{P})$ ;  $\tilde{M}_0$  –

вектор нечіткого початкового маркування нечітких позицій  $\tilde{P}$ ;  $\tilde{P}_n(\tau)$  – предикати, що відносяться до логічних рішень, визначених на часі;  $\tilde{P}_k^{(GIS)}(\tau, O)$  – предикати, що відносяться до просторових рішень, отриманих засобами ГІС-технологій та визначених на часі та просторі.

Комплекс моделей (7)–(12) було застосовано у задачах моделювання кадастрових просторових систем.

### 3. Моделі процесів та об'єктів з використанням додатку ModelBuilder

Програмне середовище ModelBuilder (рис. 2) – це додаток ArcGIS 10.0, що використовується для створення, редагування і управління моделями.

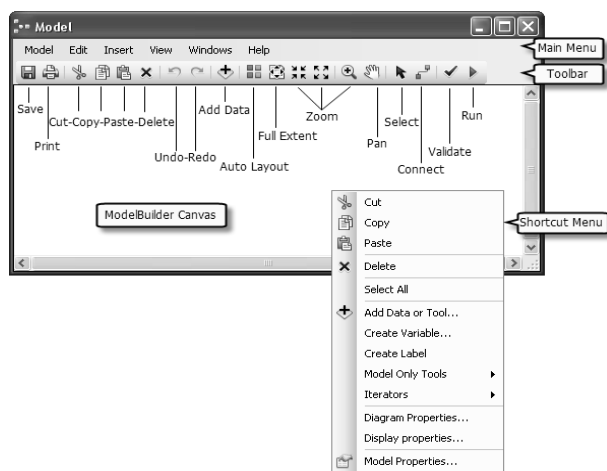


Рис. 2. Інтерфейс ModelBuilder

Моделі - це робочі процеси, які з'єднані один з одним в послідовності інструментів геообробки, подаючи вихід одного інструменту в інший інструмент в якості входу. ModelBuilder можна також розглядати як візуальний мова програмування для побудови робочих потоків [1] та аналізу систем.

ModelBuilder має простий інтерфейс з меню, панелями інструментів і контекстними меню, як показано на рис. 2. ModelBuilder має три набори параметрів, які використовуються в моделі: властивості моделі, діаграми та відображення.

Властивості моделі - ці властивості дозволяють задавати назву моделі, напис, опис, відносний шлях, властивості параметрів, змінні середовища моделі, довідку і кількість проходів.

Властивості діаграми - це властивості, що дозволяють змінювати розташування елементів на діаграмі, а також її колір і стиль.

Властивості відображення - це властивості, що дозволяють змінювати зовнішній вигляд і інші графічні властивості окремих елементів

Моделювання процесів в повній мірі дозволило визначити ефективність ГІС та технологій.

### 4. Нечітка логіка в ArcGIS технологіях

Починаючи з версії ArcGIS 10.0 [1] введено два інструменти на основі нечіткої логіки: Fuzzy Membership і Fuzzy Overlay.

Функції належності, які містить ArcGIS, наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Функції належності у ArcGIS

Fuzzy Gaussian	Задає функцію належності нечіткої множини через гауссовий (нормальний) розподіл на підставі заданої користувачем середини (якої присвоюється значення приналежності 1) з певним розкидом, що наближається до нуля.
Fuzzy Linear	Задає функцію належності нечіткої множини на основі лінійного перетворення між зазначеним користувачем мінімальним значенням, що має значення приналежності рівне 0, і заданим користувачем максимальним значенням, з приналежністю, що дорівнює 1.
Fuzzy MSLarge	Задає нечітку множини за допомогою функції, заснованої на середньому значенні і стандартному відхиленні, причому чим більше значення має елемент множини, тим ближче його приналежність до 1.
Fuzzy MSSmall	Задає нечітку множини за допомогою функції, заснованої на середньому і стандартному відхиленні, причому чим менше значення має елемент множини, тим ближче до 1.
Fuzzy Near	Задає функцію належності нечіткої множини біля певного значення, заданого користувачем як середня точка з приналежністю рівною 1, з певним розкидом, що наближається до нуля.
Fuzzy Small	Визначає функцію нечіткої множини з меншими вхідними значеннями, приналежність яких наближається до одиниці.

Використання функцій (табл.1) суттєво розширює можливості програмного середовища ArcGIS.

### 5. Практичні рішення нечіткого подання в ГІС

Традиційно для оцінки якості води у водному об'єкті використовуються фізичні, хімічні та санітарно-бактеріологічні показники [14]. Залежно від забрудненості водного об'єкта і призначення води пред'являються і додаткові вимоги до її якості. Використовуючи критерії вимог для якості води та розроблений у роботі [15] метод, розроблено

геоінформаційну технологію та виконано аналіз Буцацького водоносного горизонту Харківської та Полтавської областей, що має глибину залягання 60 – 150 м, місцями досягає глибини до 300 м. Горизонт перекритий товщею водотривких глин, тому води не піддаються бактеріологічному забрудненню.

На рис. 3 запропонована схема розміщення свердловин в Харківській області.



Рис. 3. Схема розміщення свердловин у Харківській області

На кожен свердловину до бази геоданих занесені результати хімічного аналізу води, фрагмент таблиці атрибутів по свердловинах подано на рис. 4.

№	период	свердловина	Обсяг, м³	Потужність, м³/год	Глибина, м	С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7	С8	С9	С10	С11	С12	С13	С14	С15	С16	С17	С18	С19	С20	С21	С22	С23	С24	С25	С26	С27	С28	С29	С30	С31	С32	С33	С34	С35	С36	С37	С38	С39	С40	С41	С42	С43	С44	С45	С46	С47	С48	С49	С50	С51	С52	С53	С54	С55	С56	С57	С58	С59	С60	С61	С62	С63	С64	С65	С66	С67	С68	С69	С70	С71	С72	С73	С74	С75	С76	С77	С78	С79	С80	С81	С82	С83	С84	С85	С86	С87	С88	С89	С90	С91	С92	С93	С94	С95	С96	С97	С98	С99	С100	С101	С102	С103	С104	С105	С106	С107	С108	С109	С110	С111	С112	С113	С114	С115	С116	С117	С118	С119	С120	С121	С122	С123	С124	С125	С126	С127	С128	С129	С130	С131	С132	С133	С134	С135	С136	С137	С138	С139	С140	С141	С142	С143	С144	С145	С146	С147	С148	С149	С150	С151	С152	С153	С154	С155	С156	С157	С158	С159	С160	С161	С162	С163	С164	С165	С166	С167	С168	С169	С170	С171	С172	С173	С174	С175	С176	С177	С178	С179	С180	С181	С182	С183	С184	С185	С186	С187	С188	С189	С190	С191	С192	С193	С194	С195	С196	С197	С198	С199	С200	С201	С202	С203	С204	С205	С206	С207	С208	С209	С210	С211	С212	С213	С214	С215	С216	С217	С218	С219	С220	С221	С222	С223	С224	С225	С226	С227	С228	С229	С230	С231	С232	С233	С234	С235	С236	С237	С238	С239	С240	С241	С242	С243	С244	С245	С246	С247	С248	С249	С250	С251	С252	С253	С254	С255	С256	С257	С258	С259	С260	С261	С262	С263	С264	С265	С266	С267	С268	С269	С270	С271	С272	С273	С274	С275	С276	С277	С278	С279	С280	С281	С282	С283	С284	С285	С286	С287	С288	С289	С290	С291	С292	С293	С294	С295	С296	С297	С298	С299	С300	С301	С302	С303	С304	С305	С306	С307	С308	С309	С310	С311	С312	С313	С314	С315	С316	С317	С318	С319	С320	С321	С322	С323	С324	С325	С326	С327	С328	С329	С330	С331	С332	С333	С334	С335	С336	С337	С338	С339	С340	С341	С342	С343	С344	С345	С346	С347	С348	С349	С350	С351	С352	С353	С354	С355	С356	С357	С358	С359	С360	С361	С362	С363	С364	С365	С366	С367	С368	С369	С370	С371	С372	С373	С374	С375	С376	С377	С378	С379	С380	С381	С382	С383	С384	С385	С386	С387	С388	С389	С390	С391	С392	С393	С394	С395	С396	С397	С398	С399	С400	С401	С402	С403	С404	С405	С406	С407	С408	С409	С410	С411	С412	С413	С414	С415	С416	С417	С418	С419	С420	С421	С422	С423	С424	С425	С426	С427	С428	С429	С430	С431	С432	С433	С434	С435	С436	С437	С438	С439	С440	С441	С442	С443	С444	С445	С446	С447	С448	С449	С450	С451	С452	С453	С454	С455	С456	С457	С458	С459	С460	С461	С462	С463	С464	С465	С466	С467	С468	С469	С470	С471	С472	С473	С474	С475	С476	С477	С478	С479	С480	С481	С482	С483	С484	С485	С486	С487	С488	С489	С490	С491	С492	С493	С494	С495	С496	С497	С498	С499	С500	С501	С502	С503	С504	С505	С506	С507	С508	С509	С510	С511	С512	С513	С514	С515	С516	С517	С518	С519	С520	С521	С522	С523	С524	С525	С526	С527	С528	С529	С530	С531	С532	С533	С534	С535	С536	С537	С538	С539	С540	С541	С542	С543	С544	С545	С546	С547	С548	С549	С550	С551	С552	С553	С554	С555	С556	С557	С558	С559	С560	С561	С562	С563	С564	С565	С566	С567	С568	С569	С570	С571	С572	С573	С574	С575	С576	С577	С578	С579	С580	С581	С582	С583	С584	С585	С586	С587	С588	С589	С590	С591	С592	С593	С594	С595	С596	С597	С598	С599	С600	С601	С602	С603	С604	С605	С606	С607	С608	С609	С610	С611	С612	С613	С614	С615	С616	С617	С618	С619	С620	С621	С622	С623	С624	С625	С626	С627	С628	С629	С630	С631	С632	С633	С634	С635	С636	С637	С638	С639	С640	С641	С642	С643	С644	С645	С646	С647	С648	С649	С650	С651	С652	С653	С654	С655	С656	С657	С658	С659	С660	С661	С662	С663	С664	С665	С666	С667	С668	С669	С670	С671	С672	С673	С674	С675	С676	С677	С678	С679	С680	С681	С682	С683	С684	С685	С686	С687	С688	С689	С690	С691	С692	С693	С694	С695	С696	С697	С698	С699	С700	С701	С702	С703	С704	С705	С706	С707	С708	С709	С710	С711	С712	С713	С714	С715	С716	С717	С718	С719	С720	С721	С722	С723	С724	С725	С726	С727	С728	С729	С730	С731	С732	С733	С734	С735	С736	С737	С738	С739	С740	С741	С742	С743	С744	С745	С746	С747	С748	С749	С750	С751	С752	С753	С754	С755	С756	С757	С758	С759	С760	С761	С762	С763	С764	С765	С766	С767	С768	С769	С770	С771	С772	С773	С774	С775	С776	С777	С778	С779	С780	С781	С782	С783	С784	С785	С786	С787	С788	С789	С790	С791	С792	С793	С794	С795	С796	С797	С798	С799	С800	С801	С802	С803	С804	С805	С806	С807	С808	С809	С810	С811	С812	С813	С814	С815	С816	С817	С818	С819	С820	С821	С822	С823	С824	С825	С826	С827	С828	С829	С830	С831	С832	С833	С834	С835	С836	С837	С838	С839	С840	С841	С842	С843	С844	С845	С846	С847	С848	С849	С850	С851	С852	С853	С854	С855	С856	С857	С858	С859	С860	С861	С862	С863	С864	С865	С866	С867	С868	С869	С870	С871	С872	С873	С874	С875	С876	С877	С878	С879	С880	С881	С882	С883	С884	С885	С886	С887	С888	С889	С890	С891	С892	С893	С894	С895	С896	С897	С898	С899	С900	С901	С902	С903	С904	С905	С906	С907	С908	С909	С910	С911	С912	С913	С914	С915	С916	С917	С918	С919	С920	С921	С922	С923	С924	С925	С926	С927	С928	С929	С930	С931	С932	С933	С934	С935	С936	С937	С938	С939	С940	С941	С942	С943	С944	С945	С946	С947	С948	С949	С950	С951	С952	С953	С954	С955	С956	С957	С958	С959	С960	С961	С962	С963	С964	С965	С966	С967	С968	С969	С970	С971	С972	С973	С974	С975	С976	С977	С978	С979	С980	С981	С982	С983	С984	С985	С986	С987	С988	С989	С990	С991	С992	С993	С994	С995	С996	С997	С998	С999	С1000	С1001	С1002	С1003	С1004	С1005	С1006	С1007	С1008	С1009	С1010	С1011	С1012	С1013	С1014	С1015	С1016	С1017	С1018	С1019	С1020	С1021	С1022	С1023	С1024	С1025	С1026	С1027	С1028	С1029	С1030	С1031	С1032	С1033	С1034	С1035	С1036	С1037	С1038	С1039	С1040	С1041	С1042	С1043	С1044	С1045	С1046	С1047	С1048	С1049	С1050	С1051	С1052	С1053	С1054	С1055	С1056	С1057	С1058	С1059	С1060	С1061	С1062	С1063	С1064	С1065	С1066	С1067	С1068	С1069	С1070	С1071	С1072	С1073	С1074	С1075	С1076	С1077	С1078	С1079	С1080	С1081	С1082	С1083	С1084	С1085	С1086	С1087	С1088	С1089	С1090	С1091	С1092	С1093	С1094	С1095	С1096	С1097	С1098	С1099	С1100	С1101	С1102	С1103	С1104	С1105	С1106	С1107	С1108	С1109	С1110	С1111	С1112	С1113	С1114	С1115	С1116	С1117	С1118	С1119	С1120	С1121	С1122	С1123	С1124	С1125	С1126	С1127	С1128	С1129	С1130	С1131	С1132	С1133	С1134	С1135	С1136	С1137	С1138	С1139	С1140	С1141	С1142	С1143	С1144	С1145	С1146	С1147	С1148	С1149	С1150	С1151	С1152	С1153	С1154	С1155	С1156	С1157	С1158	С1159	С1160	С1161	С1162	С1163	С1164	С1165	С1166	С1167	С1168	С1169	С1170	С1171	С1172	С1173	С1174	С1175	С1176	С1177	С1178	С1179	С1180	С1181	С1182	С1183	С1184	С1185	С1186	С1187	С1188	С1189	С1190	С1191	С1192	С1193	С1194	С1195	С1196	С1197	С1198	С1199	С1200	С1201	С1202	С1203	С1204	С1205	С1206	С1207	С1208	С1209	С1210	С1211	С1212	С1213	С1214	С1215	С1216	С1217	С1218	С1219	С1220	С1221	С1222	С1223	С1224	С1225	С1226	С1227	С1228	С1229	С1230	С1231	С1232	С1233	С1234	С1235	С1236	С1237	С1238	С1239	С1240	С1241	С1242	С1243	С1244	С1245	С1246	С1247	С1248	С1249	С1250	С1251	С1252	С1253	С1254	С1255	С1256	С1257	С1258	С1259	С1260	С1261	С1262	С1263	С1264	С1265	С1266	С1267	С1268	С1269	С1270	С1271	С1272	С1273	С1274	С1275	С1276	С1277	С1278	С1279	С1280	С1281	С1282	С1283	С1284	С1285	С1286	С1287	С1288	С1289	С1290	С1291	С1292	С1293	С1294	С1295	С1296	С1297	С1298	С1299	С1300	С1301	С1302	С1303	С1304	С1305	С1306	С1307	С1308	С1309	С1310	С1311	С1312	С1313	С1314	С1315	С1316	С1317	С1318	С1319	С1320	С1321	С1322	С1323	С1324	С1325	С1326	С1327	С1328	С1329	С1330	С1331	С1332	С1333	С1334	С1335	С1336	С1337	С1338	С1339	С1340	С1341
---	--------	-------------	-----------	--------------------	------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

## Висновки

1. Удосконалено нечітку мережеву модель, що на відміну від існуючих, додатково включає визначені у часі та просторі предикати, що відносяться до просторових рішень, отриманих засобами ГІС-технологій.

2. Визначено, що ефективно впровадження розробок, заснованих на положеннях нечіткої логіки, є трудомістким та наукомістким процесом, автоматизація якого засобами ГІС дозволить звільнити значні обчислювальні та матеріальні ресурси.

3. У зв'язку з цим запропоновано модель аналізу води Буцацького водоносного горизонту території Харківської та Полтавської областей, визначено придатність води до постачання та споживання.

4. Перспективами подальших досліджень може бути адаптація розробок до важливих предметних областей народного господарства України та інших держав.

## Список літератури

1. ArcGIS Help 10.1 [Electronic resource]. – Regime of access: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/FuzzyGaussian/005m0000003900000000>.
2. Using ArcGIS Geostatistical Analyst / K. Johnston, J. M. Ver Hoef, K. Krivoruchko, N. Lucas. – Redlands : ESRI, 2001. – 300 p.
3. Мельничук, О.Ю. Системне моделювання території для потреб землеустрою [Текст] / О.Ю. Мельничук // Вісник геодезії та картографії. – 2008. – № 6. – С. 25–27.
4. Шаталов, А.С. Отображение процессов управления в пространствах состояний [Текст] / А.С. Шаталов. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 256 с.
5. Кучеренко, Е.И. О методах, моделях и критериях принятия решений в пространственно-распределенных объектах [Текст] / Е.И. Кучеренко, И.С. Глушенкова // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Тематический выпуск : Информатика и моделирование. – 2009. – № 13 (43). – С. 102–107.

6. Сироджа, И.Б. Квантовые модели и методы инженерии знаний в задачах искусственного интеллекта [Текст] / И.Б. Сироджа // Искусственный интеллект. – 2002. – № 3. – С. 161–171.

7. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем [Текст] / Дж. Питерсон – М. : Мир, 1984. – 264 с.

8. Кучеренко, Е.И. Сіткові моделі в задачах аналізу складних систем [Текст] / Е.И. Кучеренко – Х. : ХТУРЕ, 1999. – 100 с.

9. Филлипс, Д. Методы анализа сетей [Текст] / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – М. : Мир, 1984. – 496 с.

10. Бодянский, Е.В. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем [Текст] / Е.В. Бодянский, Е.И. Кучеренко, А.И. Михалев. – Дн-ськ : Системні технології, 2005. – 311 с.

11. Борисов, В.В. Нечеткие модели и сети [Текст] / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Феулов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.

12. Глушенкова, И.С. Принятие решений в системах управления земельными ресурсами [Текст] / И.С. Глушенкова // Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку: матеріали міжнар. наук.-практич. конф., Харків, березень 2010 р. – Х. : Академія внутрішніх військ МВС України, 2010. – С. 71–72.

13. Глушенкова, И.С. Формальная модель принятия решений о состоянии сложных объектов [Текст] / И.С. Глушенкова // Інформаційно-керуючі системи і комплекси : мат. міжнар. наук.-техніч. конф., Миколаїв, квітень 2010 р. – Миколаїв : ІАЕ НУК, 2010. – С. 5–6.

14. Всеволожский, В.А. Основы гидрогеологии [Текст] / В.А. Всеволожский. – М. : Изд-во МГУ, 2007. – 448 с.

15. Кучеренко, Е. И. Метод принятия решений с использованием нечеткой логики в технологиях ArcGIS [Текст] / Е.И. Кучеренко, И. С. Глушенкова, С.А. Глушенков // Системи обробки інформації. – Х. : ХУПС, 2013. – Вип. 2 (109). – С. 55 – 59.

Надійшла до редколегії 16.05.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаєв, Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, Полтава.

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФАЗЗИ - МОДЕЛИ В УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Е.И. Кучеренко, И.С. Глушенкова, С.А. Глушенков

Усовершенствована нечеткая сетевая модель, которая, в отличие от существующих, дополнительно включает определенные во времени и пространстве предикаты, относящиеся к пространственным решениям, полученных средствами ГИС-технологий. Определено, что эффективное внедрение разработок, основанных на положениях нечеткой логики, является трудоемким и наукоемким процессом, автоматизация которого средствами ГИС позволит освободить значительные вычислительные и материальные ресурсы.

**Ключевые слова:** геоинформационные технологии, пространственные объекты, нечеткая логика.

## GEOINFORMATION TECHNOLOGIES AND FUZZY - MODELS IN MANAGEMENT COMPLEX OBJECTS

E.I. Kucherenko, I.S. Hlushenkova, S.O. Hlushenkov

Improved fuzzy network model, unlike the existing ones, further comprising defined in time and space predicates related to spatial solutions obtained by means of GIS technology. Determined that the effective implementation of development, based on the provisions of fuzzy logic, is labor-intensive and knowledge-intensive processes automation by means of GIS to free significant computational and physical resources.

**Keywords:** Geographic information technology, spatial objects, fuzzy logic.